Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Çalışmaları Dergisi/AU-JRES; 2026; 1(1): 22-32
Araştırma Makalesi / Research Article

Gayrimenkul Değerlemesinde Afet Riski Entegrasyonu: Metodolojik Bir Çerçeve

Integrating Disaster Risk into Real Estate Valuation: A Methodological Framework

Nehir Varol[1], Yeşim Tanrıvermiş[2]

1 Beypazarı MYO, Adli Bilimler Enstitüsü, Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
2 Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi Bölümü, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Artan afet sıklığı ve iklim krizi, gayrimenkul değerlemesinde riske kayıtsız geleneksel metodolojileri geçersiz kılmaktadır. Bu çalışma, afet risklerinin gayrimenkul değerleme süreçlerine sistematik entegrasyonu için metodolojik bir çerçeve sunmaktadır. Bu entegrasyon, değerleme standartları (IVS 2025/RICS 2025), finansal raporlama (UFRS 13) ve finansal istikrar otoritelerinin (ECB/EBA) oluşturduğu "düzenleyici üçgen" tarafından zorunlu kılınmaktadır. Risk metrikleri, finansal değerleme modellerine iki ana yaklaşımla entegre edilmektedir. Gelir Yaklaşımında (DCF), risk; 1) Net Faaliyet Geliri (NFG) düzeltmesi (EAL ve sigorta maliyetleri), 2) Sermaye Harcamaları (CAPEX) ayarlaması (risk azaltım yatırımları) ve 3) iskonto oranına eklenen risk primi aracılığıyla modele dahil edilmektedir. Karşılaştırmalı Satış Yaklaşımında ise risk öznitelikleri (EAL, PML) Otomatik Değerleme Modellerine (AVM) girdi olarak kullanılmaktadır. Bu AVM'lerin "kara kutu" doğasını aşmak ve AB Yapay Zekâ Tüzüğü gibi düzenlemelere uymak için SHAP gibi Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI) tekniklerinin kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Ancak, bu çerçevenin IVS 2025 ve UFRS 13'ün gerektirdiği şeffaflık ve denetlenebilirlik ilkeleriyle uyumlu olsa da potansiyel etik zorlukların da yönetilmesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Afet riski, Risk entegrasyonu, Gayrimenkul değerleme

ABSTRACT

Increasing disaster frequency and the climate crisis are rendering traditional methodologies, which are indifferent to risk, obsolete in real estate valuation. This study presents a methodological framework for the systematic integration of disaster risks into real estate valuation processes. This integration is mandated by the "regulatory triangle" formed by valuation standards (IVS 2025/RICS 2025), financial reporting (IFRS 13), and financial stability authorities (ECB/EBA). Risk metrics are integrated into financial valuation models through two main approaches. In the Income Approach (DCF), risk is incorporated into the model through 1) Net Operating Income (NOI) adjustments (EAL and insurance costs), 2) Capital Expenditure (CAPEX) adjustments (risk mitigation investments), and 3) a risk premium added to the discount rate. In the Comparative Sales Approach, risk attributes (EAL, PML) are used as inputs to Automated Valuation Models (AVM). To overcome the "black box" nature of these AVMs and comply with regulations such as the EU Artificial Intelligence Regulation, the use of Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques such as SHAP has become mandatory. However, while this framework is consistent with the transparency and auditability principles required by IVS 2025 and IFRS 13, potential ethical challenges must also be managed.

Keywords: Disaster risk, Risk integration, Real estate valuation

Sorumlu yazar: Nehir VAROL
Beypazarı MYO, Adli Bilimler Enstitüsü, Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye
E-mail: nehir.varol@ankara.edu.tr **ORCID ID:** 0000-0003-4876-9313
Geliş tarihi: 03.12.2025 Kabul tarihi: 11.12.2025 Publication Date: 30.01.2026
Atıf bilgisi: Varol, N. & Tanrıvermiş, Y. (2026). Gayrimenkul değerlemesinde afet riski entegrasyonu: metodolojik bir çerçeve. *Ankara Üniversitesi Gayrimenkul Çalışmaları Dergisi (AU-JRES)*, 1(1), 22-32.

Giriş

Nüfus yoğunluğunun ve yapı stoğunun artışı, iklim krizi, doğa kökenli ve insan kökenli afetlerin artan sıklığı, riske kayıtsız değerleme metodolojilerini geçersiz kılmaktadır. Bu durum, gayrimenkul piyasalarında hem fiyatlama hem de risk yönetimi açısından yeni bir dönemin başlangıcını işaret etmektedir. Bu yeni paradigmanın merkezinde, fiziksel risklerin artık nitel birer dipnot olarak ele alınamayacağı, aksine değerleme modellerine doğrudan, ölçülebilir girdiler olarak entegre edilmesi gerektiği gerçeği yatmaktadır. Bu dönüşümün aciliyeti, makroekonomik verilerle açıkça ortaya konmaktadır. 2024 yılında doğa kökenli afetlerden kaynaklanan küresel ekonomik kayıplar yaklaşık 368 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (Aon, 2025; Associated Press, 2025). Bu bilanço, tek bir yıla özgü bir anomali değil, sabit varlıklar için risk ortamında temel bir değişimi yansıtan kalıcı bir eğilimin parçasıdır. Tablonun endişe verici yönlerinden biri, sigorta "koruma açığı" olarak bilinen olgudur. Özellikle sel tehlikesi için açık, toplam ekonomik kayıpların yaklaşık %75'ine ulaşmaktadır (Aon, 2025). Kayıpların büyük bir kısmının sigortalanmadığı ve doğrudan mülk sahipleri, kredi verenler ve nihayetinde kamu tarafından karşılandığı anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, bu durum yalnızca bireysel varlıklar için bir tehdit oluşturmakla kalmaz, aynı zamanda sistemik finansal risk için de bir zemin hazırlar. (European Central Bank, 2025; European Banking Authority, 2020).

1. Geleneksel Değerlemenin Yetersizliği ve Entegrasyon İhtiyacı

Afet riskini genellikle nitel bir yorum olarak ele alan standart değerleme uygulamaları artık sürdürülebilir değildir. Fiziksel riskin ölçülerek değerleme modelleri açık bir girdiye dönüştürülmelidir. Bu, sadece metodolojik bir tercih değil, aynı zamanda bir piyasa zorunluluğudur. Uzmanlar arasında, gayrimenkulün iklim riski nedeniyle önemli ölçüde yanlış fiyatlandırıldığı konusunda bir fikir birliği bulunmakta ve bir anket, risklerin yeterince fiyatlandırılmadığını düşünen profesyonellerin, aşırı fiyatlandırıldığını düşünenlere oranının 67\1 olduğunu ortaya koymaktadır. Teminat değerleri, risk primleri ve iskonto/çıkış (exit) getirilerinin, piyasa katılımcısı varsayımları çerçevesinde riskle uyumlu bir şekilde yeniden ayarlanması kaçınılmazdır (IFRS Foundation, 2011).

Artan fiziksel riskler, sigorta primlerinde fahiş artışlara yol açmaktadır (Lens Monash, 2025; Brookings, 2025; Keys & Mulder, 2024). Bir zamanlar konut giderlerinin küçük bir bileşeni olan sigorta maliyetleri, bazı bölgelerde ipotek ödemelerinin %20'sinden fazlasını oluşturacak şekilde önemli bir paya ulaşmıştır (Lens Monash, 2025). Bu durum, genellikle daha yüksek riskli bölgelerde yaşayan ve bu maliyetleri karşılama kapasitesi daha düşük olan düşük gelirli hane halklarını orantısız bir şekilde etkilemektedir.

Gayrimenkul değerlemesinde afet risklerinin entegrasyonu, artık sadece ihtiyatlı bir uygulama değil, aynı zamanda bilimsel çerçeveler, değerleme standartları, finansal raporlama kuralları ve bankacılık düzenlemelerinden kaynaklanan bir dizi birbiriyle örtüşen yetki tarafından zorunlu kılınan bir gerekliliktir.

Gayrimenkul değerlemesinde afet riskinin dikkate alınması, yalnızca fiziksel tehlikelerin ekonomik etkilerinin ölçülmesiyle sınırlı olmayıp, aynı zamanda mekânsal planlama, konut talebi, yatırım stratejileri ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle doğrudan ilişkilidir. Kapusuz ve Tanrıvermiş (2024), Ankara ili örneğinde yürüttükleri araştırmada konuta erişilebilirliği etkileyen faktörleri analiz ederek, gelir düzeyi düşük hanelerin artan konut fiyatları nedeniyle kent merkezinden çevre ilçelere yöneldiğini ortaya koymuşlardır. Bu bulgu, afet riski yüksek alanlarda konut talebinin düşmesi ve buna bağlı olarak gayrimenkul değerlerinde azalma yaşanabileceğini; güvenli bölgelerde ise risk primi nedeniyle fiyat artışlarının görülebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla afet riskinin değerleme modellerine entegrasyonu, piyasa temelli analizlerin doğruluğunu artıran kritik bir unsurdur (Kapusuz & Tanrıvermiş, 2024).

Benzer biçimde, Güneş ve Tanrıvermiş (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışma, gayrimenkul yatırım fonu (GYF) yöneticilerinin yatırım kararlarında afet riski ve sürdürülebilirlik faktörlerini yeterince dikkate almadıklarını ortaya koymuştur. Fon yöneticilerinin kısa vadeli getirilere odaklandığı, oysa uzun vadeli risk

yönetimi ve dayanıklılık kriterlerinin göz ardı edildiği vurgulanmıştır. Bu durum, gayrimenkul değerlemesinde afet riskinin yalnızca teknik bir unsur değil; aynı zamanda kurumsal yönetişim, portföy çeşitlendirme ve sürdürülebilir yatırım politikalarıyla bütünleşik bir stratejik yaklaşım olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir (Güneş & Tanrıvermiş, 2020).

Öte yandan, Hayrullahoğlu vd., (2021) kentsel yayılma alanlarında yürüttükleri nitel araştırmada, plansız mekânsal genişlemenin yeni konut alanlarını altyapı eksiklikleri ve zemin kalitesi gibi afet riskleriyle karşı karşıya bıraktığını belirtmişlerdir. Bu bağlamda, gayrimenkul değerleme süreçlerinde yalnızca ekonomik veriler değil; afet tehlikesi, altyapı kapasitesi, sosyal kırılganlık gibi çevresel göstergelerin de dikkate alınması gereklidir. Çalışma, niteliksel risk göstergelerinin değerleme sürecine entegrasyonunun, afet sonrası ekonomik kayıpların önlenmesine katkı sağlayacağını göstermektedir (Hayrullahoğlu vd., 2021).

Sonuç olarak, mevcut literatür, Türkiye'de gayrimenkul değerlemesinde afet riskinin çok boyutlu bir değişken olarak ele alınmasının gerekliliğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Hem konut piyasası dinamikleri hem yatırım fonu stratejileri hem de kentsel mekânsal gelişme biçimleri afet riskiyle doğrudan etkileşim içindedir. Bu nedenle metodolojik olarak, risk göstergelerinin mekânsal analiz araçları (örneğin CBS tabanlı haritalama) ve istatistiksel modeller (hedonik fiyat, AHP, mekânsal regresyon) aracılığıyla gayrimenkul değerleme süreçlerine sistematik biçimde entegre edilmesi önerilmektedir.

2. Tehlike, Maruziyet ve Kırılganlık (H-E-V)

Risk değerlendirmesinin bilimsel ve mantıksal temelini, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından geliştirilen Tehlike-Maruziyet-Kırılganlık (Hazard-Exposure-Vulnerability, H-E-V) çerçevesi oluşturmaktadır (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). Bu çerçeve, riski üç temel bileşenin etkileşimi olarak tanımlanmaktadır:

- Tehlike (Hazard): Potansiyel olarak hasara neden olabilecek fiziksel olayın kendisidir.
- Maruziyet (Exposure): Tehlikeden etkilenebilecek varlıkların (binalar, altyapı, nüfus) konumu ve özellikleridir.
- Kırılganlık (Vulnerability): Maruz kalan bir varlığın belirli bir tehlike yoğunluğuna maruz kaldığında hasar görme eğilimidir (örneğin, betonarme bir binanın belirli bir yer sarsıntısı seviyesinde göstereceği hasar oranı)

Riski bileşenlerine ayırarak, hangi veri noktalarının (örneğin, tehlike için sismik yer sarsıntısı haritaları, maruziyet için bina ayak izleri, kırılganlık için inşaat tipolojileri) güvenilir bir değerleme için gerekli girdiler olduğunu belirleyen yapılandırılmış ve denetlenebilir bir mantık sağlamaktadır. 31 Ocak 2025'te yürürlüğe giren Uluslararası Değerleme Standartları (IVS) 2025 ve buna uyumlu RICS Red Book Global Standards 2025, bu alanda bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu standartlar, değerleme uzmanlarını sürdürülebilirlik ve Çevresel, Sosyal ve Yönetişim (ESG) faktörlerini dikkate almaya açıkça yönlendirmekte ve bu, IVS'nin bu kadar doğrudan bir yetki verdiği ilk seferdir (International Valuation Standards Council, 2025; Royal Institution of Chartered Surveyors, 2025; Emerald, 2025; IVSC, 2024). Bu güncellemelerin en önemli yönü, "Veri ve Girdiler" (Data & Inputs) ve "Belgelendirme" (Documentation) bölümlerine yapılan vurgudur (International Valuation Standards Council, 2025). ESG/iklim riskini "dikkate alınması gereken bir husus" olmaktan çıkarılıp, değerleme sürecinin zorunlu ve denetlenebilir bir bileşeni haline getirilmektedir. RICS, Amerikan Değerleme Uzmanları Derneği (ASA) de bu konuda küresel bir fikir birliğinin altını çizmektedir (American Society of Appraisers vd., Royal Institution of Chartered Surveyors, 2025).

Uluslararası Finansal Raporlama Standardı 13 (UFRS 13), fiziksel risk ile gerçeğe uygun değer arasında kritik bir teorik bağlantı sağlamaktadır. UFRS 13, gerçeğe uygun değeri, "piyasa katılımcılarının" bir varlığı fiyatlandırırken kullanacağı varsayımlara dayanarak tanımlamaktadır (IFRS Foundation, 2011).

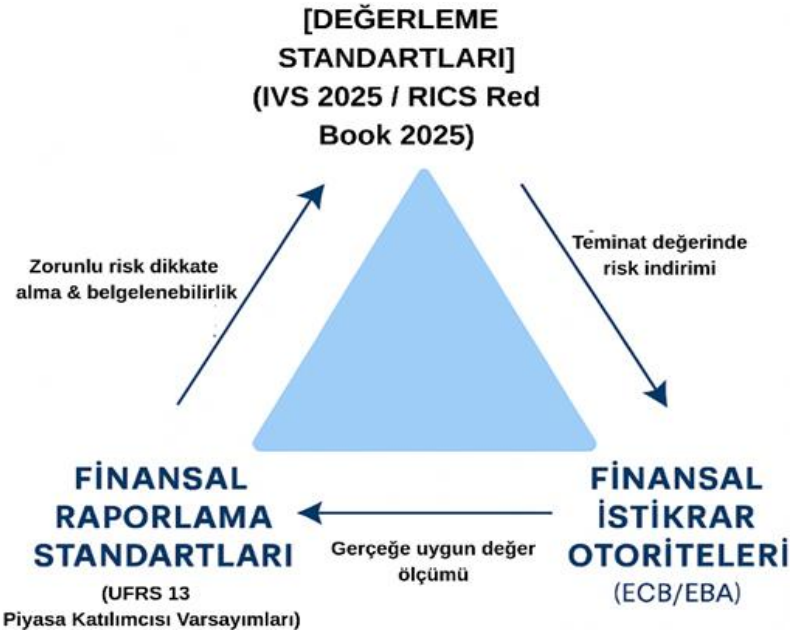
Avrupa Merkez Bankası (ECB), 2026'nın ikinci yarısından itibaren Eurosystem teminat çerçevesine bir "iklim faktörü" ekleyeceğini ve bunun iklimle ilişkili risklere maruz kalan varlıkların teminat değerlerinde indirime (haircut) yol açabileceğini duyurmuş (European Central Bank, 2025; Reuters, 2025). Benzer şekilde, Avrupa Bankacılık Otoritesi'nin (EBA) Kredi Verme ve İzleme Rehberi (EBA/GL/2020/06), iklim risklerinin kredi tahsisi ve teminat değerleme süreçlerine entegre edilmesini beklemektedir (European Banking Authority, 2020). Bu gelişmeler oyunun kurallarını değiştirmektedir. Bir mülkün fiziksel riskini, finansal sistemdeki teminat değeriyle doğrudan ilişkilendirmektedir. Bankalar için, riske entegre değerlemeler talep etme yönünde güçlü bir ekonomik teşvik yaratmakta olup çünkü bunu yapmamak, merkez bankası tarafından cezalandırılacak aşırı değerli, yüksek riskli teminatlarla desteklenen kredi portföylerine sahip olmaları anlamına gelebilir. Bu durum, risk değerlemesini özel bir endişe olmaktan çıkarıp, makro ihtiyati politikanın bir parçası haline getirmektedir.

Değerleme standartları (IVS/RICS), finansal raporlama (UFRS 13) ve finansal istikrar (ECB/EBA) bağımsız hareket etmemektedir. Aksine, piyasayı iklim riskini fiyatlamaya zorlamak için koordineli, çok yönlü bir düzenleyici baskı oluşturan, kendi kendini güçlendiren bir geri bildirim döngüsü yaratmaktadırlar. Değerleme standartları kuruluşları riskin dikkate alınması ve belgelenmesi sürecini zorunlu kılarken, finansal raporlama standartları bu riskin gerçeğe uygun değeri neden etkilemesi gerektiğinin teorik temelini sağlamaktadır. Finansal düzenleyiciler ise riskli varlıkları teminat olarak değersizleştirerek bu yetkileri görmezden gelmenin ekonomik cezasını yaratmaktadır. Bu "düzenleyici üçgen", bankaların ECB'ye uymak için, UFRS 13 ilkelerine göre riski açıkça ölçen IVS/RICS uyumlu değerlemeler talep etmesine yol açacaktır. Bu talep, tüm değerleme ve kredi ekosisteminde gelişmiş risk modellemesinin benimsenmesini hızlandıracaktır. Bu çalışmada önerilen metodolojik adımların bu temel standartlarla nasıl uyumlu olduğunu göstermektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Uyum Matrisi – Önerilen Çerçevenin Uluslararası Standartlarla Hizalanması

Çerçeve	IVS 2025 Maddesi	RICS Red Book 2025 Maddesi	UFRS 13 Paragrafı	Önerilen Metodolojik Adım
Risk Faktörlerinin Tanımlanması	IVS 104 (Ek A)	VPS 3 (ESG)	Par. B5-B11 (Girdiler)	Bölüm 3.2: Tehlike, maruziyet ve kırılganlık veri katmanlarının toplanması
Risk Ölçümü ve Sayısallaştırma	IVS 105 (Yaklaşımlar)	VPS 4 (Değerleme Yaklaşımları)	Par. 62 (Değerleme Teknikleri)	Bölüm 3.3-3.4: EAL, PML ve LEC metriklerinin OpenQuake ve sel modelleri ile hesaplanması
Değer Üzerindeki Etkinin Analizi	IVS 105.40 (Gelir Yaklaşımı)	VPS 4.7 (Gelir Yaklaşımı)	Par. B13-B14 (Nakit Akışları)	Bölüm 4.1: NOI, CAPEX ve iskonto oranının EAL ve risk primleri ile ayarlanması
Veri Kaynaklarının Belgelenmesi	IVS 102 (Araştırma)	VPS 2 (İncelemeler)	Par. 93(g) (Girdi Açıklamaları)	Bölüm 3.2: AFAD, SYGM, CEMS, GEM, JRC, OSM gibi veri kaynaklarının sürüm ve tarihleriyle listelenmesi
Varsayımların ve Belirsizliğin Açıklanması	IVS 101.30 (Varsayımlar)	VPS 5 (Raporlama)	Par. 93(h) (Duyarlılık Analizi)	Bölüm 6.3: PSHA belirsizlikleri, kırılganlık fonksiyonu yayılımı ve veri kalitesi sınırlılıklarının tartışılması
Model Kullanımının Gerekçelendirilmesi	IVS 105.80 (Modelleme)	RICS AVM Rehberi	Par. 93(d) (Değerleme Süreci)	Bölüm 4.2: AVM seçiminin ve SHAP ile açıklanabilirliğinin gerekçelendirilmesi

Şekil 1, bu etkileşim ağını görsel olarak özetlemektedir. Üçgenin her bir köşesinde yer alan düzenleyici alanlar-IVS/RICS değerleme standartları, UFRS 13 finansal raporlama çerçevesi ve ECB/EBA finansal istikrar otoriteleri birbirini tamamlayan roller üstlenmektedir. Aralarındaki çift yönlü geri besleme okları, piyasanın afet riskini fiyatlamaya yönlendirilmesini ve riskin gayrimenkul değerleme süreçlerine zorunlu olarak entegre edilmesini temsil etmektedir.



Şekil 1. Değerleme, Finansal Raporlama ve Finansal İstikrar Otoritelerinin Afet Riskini Fiyatlama Yönünde Oluşturduğu Geri Besleme Döngüsü

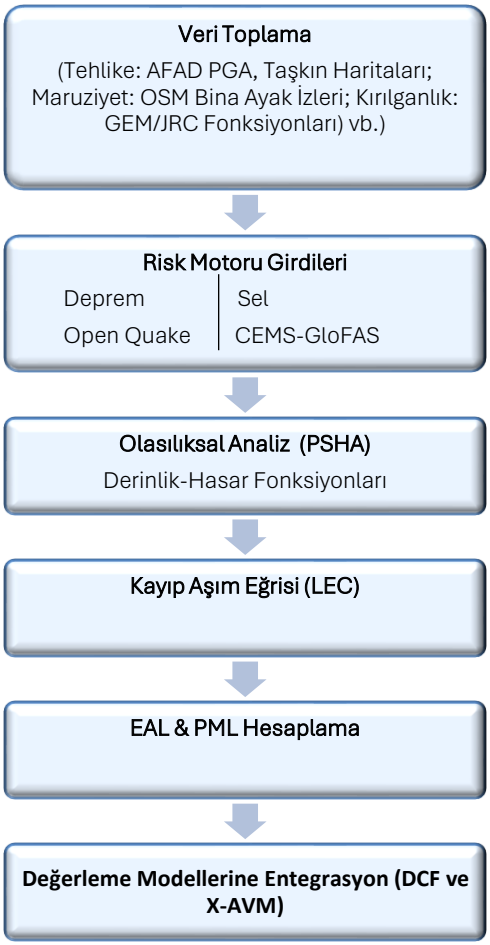
3. Fiziksel Riskin Ölçülmesi

Fiziksel riskin değerleme modellerine entegre edilebilmesi için öncelikle soyut bir kavramdan somut, finansal olarak anlamlı metriklere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu bölüm, H-E-V çerçevesini temel alarak, tehlike verilerini Beklenen Yıllık Kayıp (EAL), Olası Maksimum Kayıp (PML) ve Kayıp Aşım Eğrisi (LEC) gibi standartlaştırılmış risk ölçütlerine dönüştüren uçtan uca metodolojik iş akışını detaylandırmaktadır. Modelin doğruluğu, temelini oluşturan verilerin kalitesine bağlıdır. Türkiye bağlamında hem kamu tarafından sağlanan yetkili veri setlerini hem de küresel açık kaynaklı verileri birleştiren çok katmanlı bir yaklaşım önermektedir (Tablo 2).

Tablo 2. Türkiye'de Tehlike, Maruziyet ve Kırılganlık Değerlendirmesi İçin Veri Katmanları

Veri Bileşeni	Özel Kaynak	Veri Tipi	Çözünürlük/Ölçek	Güncelleme Sıklığı	Modeldeki Rolü
TEHLİKE					
Sismik Tehlike	AFAD Türkiye Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2019)	Raster Grid (PGA)	~10 km grid	Statik (2018)	PSHA Tehlike Eğrisi için girdi
Taşkın Tehlikesi (Ulusal)	SYGM Taşkın Yönetim Planları (SYGM, 2019-2025)	Vektör Poligon/Raster	Havza/İlçe	Dönemsel	Taşkın derinliği ve yayılımı
Taşkın Tehlikesi (Küresel)	Copernicus CEMS-GloFAS (Copernicus/ECMWF, 2024-2025)	Raster Grid	~5-10 km	Günlük	Operasyonel sel tahmini/sıklığı
MARUZİYET					
Parsel Sınırları	TKGM-MEGSİS (TKGM, 2025)	Vektör Poligon	Parsel	Sürekli	Mülkiyet referansı ve konum
Bina Ayak İzleri	OpenStreetMap/Geofabrik (OpenStreetMap contributors & Geofabrik, 2025)	Vektör Poligon	Bina	Günlük/Haftalık	Maruziyet biriminin geometrisi
KIRILGANLIK					
Sismik Kırılganlık	GEM Küresel Fonksiyonları (GEM Foundation, 2021-2025)	Tablosal (Eğriler)	Bina Tipolojisi	Dönemsel	Hasar Oranı dönüşümü
Taşkın Kırılganlığı	JRC Küresel Fonksiyonları (Huizinga vd., 2017)	Tablosal (Eğriler)	Arazi Kullanımı	Statik (2017)	Derinlik Hasar Oranı dönüşümü
DOĞRULAMA					
Olay Sonrası Hasar	Copernicus EMS Rapid Mapping (Copernicus EMS, 2019-2025)	Vektör Poligon	Olay bazlı	Olay bazlı	Kırılganlık modelinin kalibrasyonu
Gözlemsel Veri	Sentinel-1/2 Uyduları (ESA, 2015; ESA, 2020)	Raster Görüntü	10-20 m	Haftalık	Sel/yangın izi tespiti

Bu veri katmanlarının bir araya getirilmesi, IVS 2025'in veri ve girdilerin belgelenmesine yönelik taleplerini doğrudan karşılamaktadır. Her bir kaynağın sürümü, tarihi ve mekânsal çözünürlüğü, değerleme raporunda şeffaf bir şekilde listelenmelidir. Bu, hem sonuçların yeniden üretilebilirliğini sağlar hem de modelin dayandığı varsayımları ve sınırlılıkları açıkça ortaya koyar. Söz konusu mimarinin veri toplama, modelleme ve entegrasyon aşamalarını görsel olarak özetleyen süreç Şekil 2'de sunulmaktadır. Şekil 2, tehlike (hazard), maruziyet (exposure) ve kırılganlık (vulnerability) katmanlarının bir araya getirilmesinden başlayarak, bu girdilerin Risk Motorları (örneğin, OpenQuake ve CEMS-GloFAS) aracılığıyla işlendiği ve sonucunda EAL, PML ve LEC çıktılarının üretildiği süreci göstermektedir.



Şekil 2. Fiziksel Risk Ölçümünün Metodolojik İş Akışı

EAL, PML ve LEC'nin Tanımı ve İlişkisi:

Kayıp Aşım Eğrisi (LEC): Öncelikle, LEC'nin farklı geri dönüş periyotlarındaki (örneğin 100, 250, 500 yıl) kayıp miktarları arasındaki ilişkiyi gösteren olasılıksal bir grafiktir.

Beklenen Yıllık Kayıp (EAL): EAL'nin, Kayıp Aşım Eğrisi'nin (LEC) altındaki alanın integrali alınarak hesaplanmakta, yani her yıl beklenen ortalama kayıp miktarını temsil etmektedir (Finansal anlamda "beklenen zarar"). EAL, Gelir Yaklaşımında (DCF) doğrudan Net Faaliyet Geliri (NFG) düzeltmesi için kullanılmaktadır.

Olası Maksimum Kayıp (PML): PML genellikle belirli bir geri dönüş periyodu (örneğin, 475 yıllık deprem veya 100 yıllık sel) için Kayıp Aşım Eğrisi'nden okunan kayıp değeridir ve bu metrikler bankacılık düzenlemelerinde teminat değerlemesi için kullanılmaktadır (örneğin, ECB'nin "iklim faktörü").

4. Risk Öznitelikleri ile Güçlendirilmiş AVM

Fiziksel risk, EAL ve PML gibi ölçülebilir metriklere dönüştürüldükten sonra, standart değerleme yaklaşımlarına sistematik olarak entegre edilebilir Gelir Yaklaşımı (İndirgenmiş Nakit Akımları- DCF) ve Karşılaştırmalı Satış Yaklaşımı (Açıklanabilir Otomatik Değerleme Modelleri - X-AVM), birbirini dışlayan alternatifler değil, birbirini tamamlayan ve karşılıklı olarak doğrulayan araçlardır. DCF, rasyonel bir yatırımcının riski nasıl fiyatlaması gerektiğine dair normatif bir "temel değer" hesaplarken, AVM, piyasanın riski fiilen nasıl fiyatlandırdığını ortaya koyan ampirik bir "piyasa değeri" tahmini sunmaktadır.

Özellikle konut gibi gelir getirmeyen mülkler için, riskin piyasa temelli değerlemeye entegrasyonu, Otomatik Değerleme Modelleri (AVM'ler) aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. AVM'ler, büyük işlem veri setlerini kullanarak riskin fiyat üzerindeki marjinal etkisini istatistiksel olarak izole edebilir. Bu çerçevede, XGBoost veya LightGBM gibi gradyan artırma (gradient boosting) modellerinin AVM motoru olarak kullanılması önerilmektedir.

Karmaşık makine öğrenmesi modellerinin en büyük zorluklarından biri, karar mantıklarının opak olduğu "kara kutu" doğalarıdır. Bu durum, gerekçelendirilmiş muhakemeye dayalı bir meslek olan değerleme için şeffaflık, yanlılık ve hesap verebilirlik endişeleri doğurmaktadır (Renigier-Biłozor vd., 2022). Bu sorunu çözmek için, AVM çıktılarının yorumlanmasında SHAP (SHapley Additive exPlanations) gibi Açıklanabilir Yapay Zekâ (XAI) teknikleri kullanılabilir (Lundberg & Lee, 2017).

XAI, sadece teknik bir araç değil, aynı zamanda düzenleyici uyum ve etik yönetişim için gerekli bir bileşendir. Avrupa Birliği'nin Yapay Zekâ Tüzüğü (Reg. 2024/1689) gibi düzenlemeler, yapay zekâ sistemleri için şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri getirmektedir (European Union, 2024).

5. Tartışma ve Değerlendirme

Önerilen risk-bütünleşik değerleme çerçevesi, teknik olarak sağlam ve standartlarla uyumlu olmakla birlikte, daha geniş piyasa dinamikleri, potansiyel etik zorluklar ve içsel metodolojik sınırlılıklar bağlamında eleştirel bir şekilde değerlendirilmelidir.

Çok sayıda çalışma, afet riskinin mülk değerlerine negatif olarak yansıdığını, yani "kapitalize edildiğini" doğrulamaktadır. Örneğin, Beltrán vd. (2018) tarafından yapılan bir meta-analiz, 100 yıllık taşkın yatağında bulunan mülkler için ortalama %4-6'lık bir fiyat iskontosu önermektedir. Daha yeni çalışmalar, risk algısının, doğrudan bir olay yaşanmasa bile, fiyatları etkileyebileceğini göstermektedir (Dachary-Bernard, 2025). Bu bulgular, risk özniteliklerini içeren AVM yaklaşımımızın teorik temelini doğrulamaktadır. Daha da önemlisi, piyasa sadece riski değil, aynı zamanda risk azaltımını da fiyatlamaktadır. Araştırmalar, sel ve fırtına gibi tehlikelere karşı koruma sağlayan adaptasyon altyapısı yatırımlarının, tamamlandıktan sonra yakınındaki mülk değerlerini önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Agarwal vd., 2025; Keenan vd., 2024; Bakkensen vd., 2024). Singapur'da yapılan bir çalışma, hükümetin adaptasyon taahhütlerinin kamu konut piyasasında yaklaşık 28 milyar Singapur doları tutarında bir değer kaybını önlediğini tahmin etmiştir (Agarwal vd., 2025). Risk azaltımına yapılan yatırımlar, sadece beklenen kayıpları düşürmekle kalmamakta, aynı zamanda piyasa tarafından tanınan ve ödüllendirilen bir değer yaratmaktadır.

Çalışmanın önerdiği Düzenleyici Zorunlulukların Pratik Uygulaması: "Düzenleyici Üçgenin" (IVS/RICS, IFRS 13, ECB/EBA) pratik zorunluluklar ile gerçekleşebilir. Özellikle bankalar ve yatırım fonları (GYF'ler) artık risk entegrasyonunu talep etmesi, bu metodolojik çerçevenin Türkiye'deki gayrimenkul değerleme uzmanları için yakın gelecekte kaçınılmaz bir pratik uygulama haline gelecektir.

Riskin Kapitalizasyonu: Mülklerin taşkın riski nedeniyle %4-6'lık fiyat iskontosuna uğraması, AVM'lerde EAL/PML kullanımının pratik gerekçesini güçlendirmektedir.

Risk Azaltımının Değerlenmesi (Adaptasyon): Risk azaltımına yönelik altyapı yatırımları (örneğin sel koruma) mülk değerlerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çerçevenin sadece riski cezalandırmakla

kalmayıp, adaptasyon yatırımlarını teşvik etme ve gerekçelendirme yönündeki pratik fayda sunmaktadır. Bu durum, DCF'deki CAPEX ayarlaması (risk azaltım yatırımları) ile doğrudan ilişkilidir.

Sonuç

Bu çalışma, Gayrimenkul değerlemesinde afet risklerinin sistematik entegrasyonu için riskin temel bileşenleri olan Tehlike-Maruziyet-Kırılganlık üzerinden ölçülmesini, Beklenen Yıllık Kayıp (EAL) ve Kayıp Aşım Eğrileri (LEC/PML) gibi standart metriklerle sayısallaştırılmasını ve bu ölçümlerin Net Faaliyet Geliri (NFG), Sermaye Harcamaları (CAPEX) ve iskonto oranı kanalları aracılığıyla gerçeğe uygun değere aktarılmasını önermektedir. Değerleme uzmanları, IVS 2025 ve RICS 2025'e uygun olarak, raporlarının "Veri ve Girdiler" ile "Belgelendirme" bölümlerinde tehlike, kırılganlık ve belirsizlik aralıklarını açıkça belirtmelidir. UFRS 13 kapsamında, "piyasa katılımcısı varsayımları" ve duyarlılık analizleri de rapora dahil edilmelidir.

AVM ve risk motorları için açıklanabilirlik (örneğin, SHAP), veri yönetişimi ve kayıt tutma süreçleri, AB Yapay Zekâ Tüzüğü gibi gelişen düzenleyici çerçevelerin ilkeleriyle uyumlu hale getirilmelidir.

Sonuç olarak afet risklerine duyarlı gayrimenkul değerlendirmesinde;

- Bileşik Tehlike ve Bağımlılık Modellemesi: Deprem, sel ve fırtına gibi risklerin eşzamanlılık ve korelasyon yapılarının modellenmesi.
- Yerel Kırılganlık Kalibrasyonu: JRC ve GEM fonksiyonlarının, Türkiye'ye özgü yapı tipleri, inşaat standartları ve içerik (tesisat, donanım) kayıpları için yeniden parametrelendirilmesi.
- Dinamik Sigorta Primi-NFG Etkileşimi: Sigorta poliçesi bulunabilirliği ve prim şoklarının, kira sözleşmeleri ve kiracı riski kanalıyla NFG üzerindeki dinamik etkilerinin modellenmesi.
- Açıklanabilirliğin Standardizasyonu: SHAP gibi XAI çıktılarının IVS/RICS rapor şablonlarına tek tip entegrasyonu için standartların geliştirilmesi; model kartları ve denetim izlerinin standartlaştırılması gibi alanlarda araştırmaların derinleştirilmesi gerekmektedir.
- Afet risklerinin gayrimenkul değerlemesine şeffaf ve standartlara uygun entegrasyonu, yalnızca doğru fiyatlama için değil, aynı zamanda risk azaltma yatırımlarının ekonomik olarak gerekçelendirilmesi ve finansal istikrarın güçlendirilmesi için de temel bir gerekliliktir.

Kaynakça

Agarwal, S., Qin, Y., Sing, T. F. & Zhan, C. (2025). Quantifying the economic benefits of climate adaptation in real estate. National University of Singapore. https://ireus.nus.edu.sg/economic-benefits-climate-adaptation-real-estate.

American Society of Appraisers (ASA), Chartered Business Valuators Institute (CBV Institute), Institute of Valuers and Appraisers, Singapore (IVAS) & Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2025). Environmental, social, and governance information requests: Guidance for the business valuation professional 2025. https://www.rics.org/news-insights/joint-publication-for-business-valuers-on-esg-information-requests.

Aon. (2025). 2025 Climate and Catastrophe Insight: 2024 Annual Report. Aon plc.

Associated Press (AP). (2025). US economic losses from natural disasters soared in 2024 to about $368B.

Bakkensen, L. A., Ma, L. & Timmins, C. D. (2024). The distributional impacts of flood protection infrastructure (NBER Working Paper No. 33633). National Bureau of Economic Research.

Beltrán, A., Maddison, D. & Elliott, R. J. R. (2018). Is flood risk capitalised into property values? A meta-analysis. Ecological Economics, 146, 567-577.

Dachary-Bernard, G. (2025). Adjusting to the new normal: How do households update their beliefs about climate risks? Frontiers in Environmental Economics.

Emerald. (2025). Editorial: Sustainability/ESG and the valuer. Journal of Property Investment & Finance, 43(2), 117-120.

European Banking Authority (EBA). (2020). Guidelines on Loan Origination and Monitoring (EBA/GL/2020/06).

European Central Bank (ECB). (2025). Press release & FAQ: ECB to adapt collateral framework to address climate-related risks (climate factor).

European Union. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 - Artificial Intelligence Act. Official Journal of the European Union.

Güneş, S. & Tanrıvermiş, H. (2020). Türkiye'de Gayrimenkul Yatırım Fonu Yöneticileri Üzerine Bir Araştırma. BER Journal, 8(2), 101-121.

Hayrullahoğlu, G., Aliefendioğlu, Y. & Tanrıvermiş, H. (2021). Kentsel Yayılma Alanları ve Bu Alanlardaki Konut Talebi Üzerine Nitel Bir Araştırma. İDEALKENT Dergisi, 12(3), 1455-1476.

IFRS Foundation. (2011). IFRS 13: Fair Value Measurement.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). Glossary. In Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

International Valuation Standards Council (IVSC). (2025). International Valuation Standards.

Kapusuz, Y.E. & Tanrıvermiş, H. (2024). Konuta Erişilebilirlik, Konut Talebi ve Talebi Etkileyen Faktörlerin Analizi: Ankara İli Örneği. Hacettepe Üniversitesi İİBF Dergisi, 42(1), 66-89.

Keenan, J. M., Vona, F. & Wibbels, E. (2024). Adaptation infrastructure and its effects on property values in the era of climate change. Journal of Political Economy, 132(8).

Keys, B. J. & Mulder, P. (2024). Pricing and provision of wildfire risk in the homeowners insurance market (NBER Working Paper No. 32625). National Bureau of Economic Research.

Lens Monash. (2025). Climate change: A cost-of-living and housing affordability issue. Monash University. https://lens.monash.edu/@politics-society/2025/02/11/climate-change-a-cost-of-living-and-housing-affordability-issue.

Lundberg, S.M. & Lee, S.I. (2017). A Unified Approach to Interpreting Model Predictions. Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2017).

Renigier-Biłozor, M., Janowski, A. & d'Amato, M. (2022). AI-driven valuation: a new era for real estate appraisal. Journal of European Real Estate Research.

Reuters. (2025). ECB to introduce 'climate factor' into lending/operations; implementation planned for H2 2026. https://www.reuters.com/business/ecb-introduce-climate-factor-lending-operations-2025-07-29.

Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2021–2022). Automated Valuation Models (AVMs): Insight/Guidance & AVM Roadmap.

Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS). (2025). RICS Valuation – Global Standards (Red Book) 2025.

EXTENDED SUMMARY

Introduction and Research Purpose

The increasing frequency of disasters and the climate crisis are rendering conventional real estate valuation methodologies, which are indifferent to risk, obsolete. This situation necessitates a new paradigm where physical risks are integrated as measurable inputs into valuation models, rather than being treated as qualitative footnotes. The urgency of this transformation is highlighted by macroeconomic data; global economic losses from natural disasters in 2024 reached approximately $368 billion. A significant portion of these losses, especially for flood hazards (around 75%), is uninsured, a phenomenon known as the “protection gap”. This not only threatens individual assets but also creates systemic financial risk, making risk-integrated valuation a mandate from a "regulatory triangle" formed by valuation standards (IVS 2025/RICS 2025), financial reporting (IFRS 13), and financial stability authorities (ECB/EBA) This study presents a methodological framework for the systematic integration of disaster risks into real estate valuation processes to enhance accuracy and ensure compliance with these converging global standards. The literature also confirms the necessity of a multidimensional approach to disaster risk in Turkish real estate valuation, linking it directly to housing accessibility, investment fund strategies, and urban development.

Methodology

The methodological framework is built on the Hazard-Exposure-Vulnerability (H-E-V) model developed by the IPCC. This model defines risk as the interaction of Hazard (the physical event), Exposure (the location and attributes of assets) and Vulnerability (the susceptibility of an exposed asset to damage). The process involves three main steps, as shown in Figure 2. The Physical Risk Measurement involves collecting multi-layered data from authoritative sources like AFAD (Seismic Hazard) and SYGM (Flood Hazard) as well as global open data (CEMS-GloFAS, GEM, OpenStreetMap) These inputs are processed by Risk Engines (e.g., OpenQuake for seismic risk and CEMS-GloFAS for flood risk). The outputs are standardized financial risk metrics: Expected Annual Loss (EAL), Probable Maximum Loss (PML), and the Loss Exceedance Curve (LEC). These metrics are then integrated into standard valuation approaches: (1) Income Approach (DCF): Risk is incorporated through Net Operating Income (NOI) adjustments (EAL and insurance costs), Capital Expenditure (CAPEX) adjustments (risk mitigation investments), and the addition of a risk premium to the discount rate, (2) Comparative Sales Approach (X-AVM): Risk attributes (EAL, PML) are used as inputs for Automated Valuation Models (AVM), such as Gradient Boosting models (XGBoost/LightGBM). To overcome the "black box" nature of these models and comply with regulations like the EU Artificial Intelligence Act, Explainable Artificial Intelligence (XAI) techniques, such as SHAP, are mandated to ensure transparency and auditability.

Findings

The proposed framework aligns explicitly with the requirements of the "Regulatory Triangle" (Table 1): (i) Valuation Standards (IVS 2025/RICS 2025): These standards mandate the consideration and documentation of ESG/Climate Risk. The framework addresses this by requiring the listing of data sources and uncertainties in the "Data & Inputs" and "Documentation" sections. (ii) Financial Reporting (IFRS 13): IFRS 13 provides the theoretical basis, defining Fair Value based on "market participant assumptions”. The integration of risk metrics ensures that these assumptions reflect physical risk. (iii) Financial Stability Authorities (ECB/EBA): The ECB's planned “climate factor” for Eurosystem collateral and the EBA's guidelines create a strong economic incentive for banks to demand risk-integrated valuations. This is achieved by linking a property's physical risk directly to its collateral value.

Empirical literature supports the framework's core assumptions: (i) Capitalization of Risk: Studies

suggest an average 4–6% price discount for properties in a 100-year flood plain, (ii) Valuation of Adaptation: Research shows that investments in adaptation infrastructure (e.g., flood protection) significantly increase nearby property values, creating a value that is recognized and rewarded by the market.

Conclusion and Discussion

The study concludes that the risk-integrated valuation framework, based on the H-E-V model and standardized metrics (EAL, LEC/PML), is technically robust and compliant with international standards. Valuers must transparently state hazard, vulnerability, and uncertainty ranges in their reports to meet IVS 2025 and RICS 2025 requirements. Compliance with IFRS 13 is met by incorporating "market participant assumptions" and sensitivity analyses. Furthermore, the explainability of AVMs (e.g., SHAP) is essential for aligning with evolving regulatory frameworks like the EU AI Act.

The framework, while solid, highlights several areas for future research and refinement: (i) Compound Hazard Modeling: Developing models for the co-occurrence and correlation of multiple risks like earthquakes, floods, and storms. (ii) Local Vulnerability Calibration: Recalibrating global vulnerability functions (JRC and GEM) to match Türkiye's specific building typologies and construction standards. (iii) Standardization of Explainability: Developing standards for the uniform integration of XAI outputs (like SHAP) into IVS/RICS report templates. The transparent and standards-compliant integration of disaster risks into real estate valuation is a fundamental requirement not only for accurate pricing but also for the economic justification of risk mitigation investments and the strengthening of financial stability.